



TITLE:

電離層電気伝導度計算を事例としたUDASによる数値モデルの取り扱い

AUTHOR(S):

小山, 幸伸; 新堀, 淳樹; 堀, 智昭; 能勢, 正仁; 田中, 良昌

CITATION:

小山, 幸伸 ...[et al]. 電離層電気伝導度計算を事例としたUDASによる数値モデルの取り扱い. 2012

ISSUE DATE:

2012-10-21

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/160621>

RIGHT:

/ This is not the published version. Please cite only the published version. この論文は出版社版ではありません。引用の際には出版社版をご確認ご利用ください。

<http://www.iugonet.org/>

電離層電気伝導度計算を事例とした IUGONETデータ解析ソフトウェアによる数値モデルの取り扱い

小山 幸伸^{*1}, 新堀 淳樹^{*2}, 堀 智昭^{*3}, 能勢 正仁^{*1}, 田中 良昌^{*4}^{*1} 京大・理・地磁気センター, ^{*2} 京大生存研, ^{*3} 名古屋大学STE研, ^{*4} 極地研

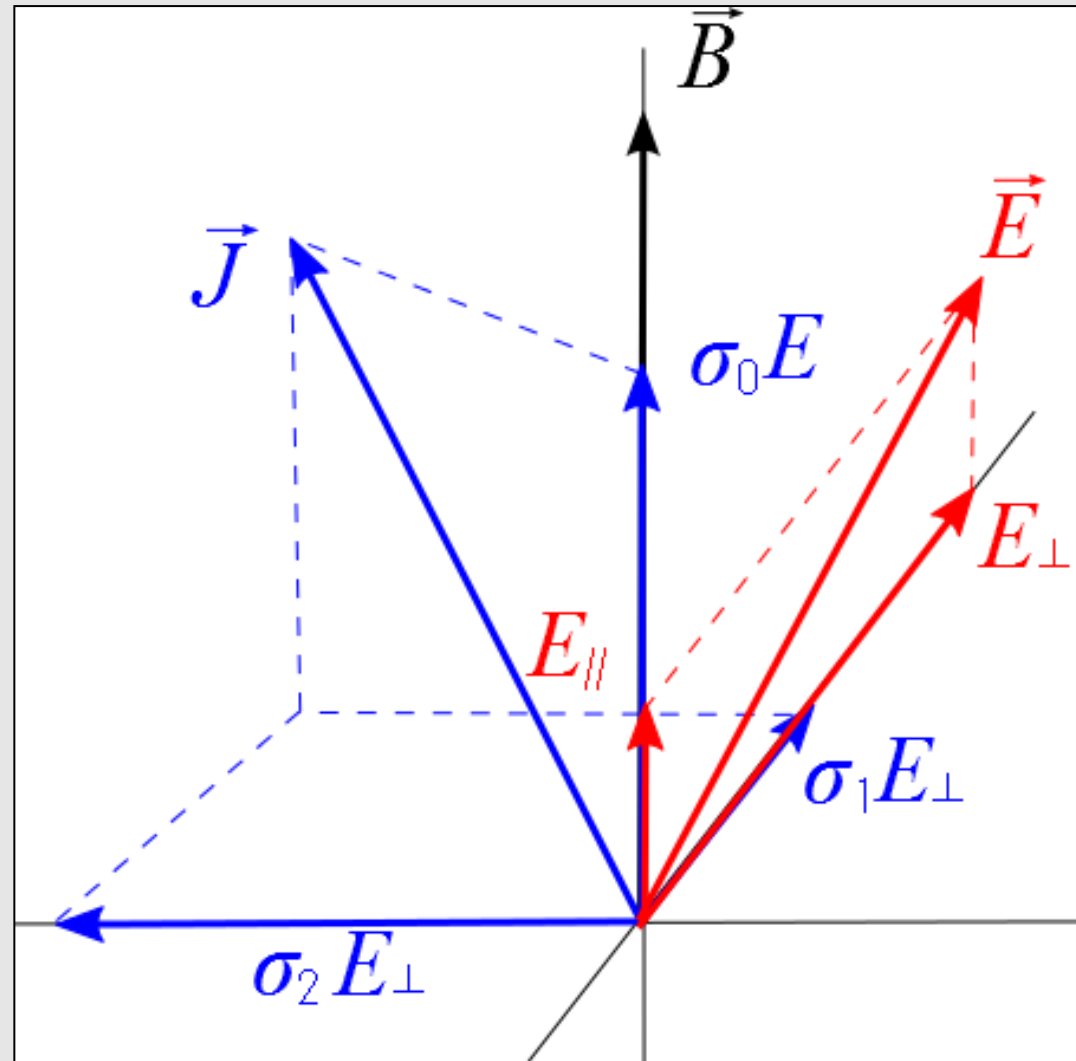
はじめに

1. IUGONETデータ解析ソフトウェア(UDAS)を用いて、地上観測データと数値モデルによる結果を一元的に取り扱うというニーズに対応する為、一部の数値モデルを取り扱えるようにUDASを拡張した。
2. 電離層電流 $J=\Sigma \cdot (E+U \times B)$ の見積もりには、電離層電気伝導度 Σ が必要である。これを得る既存のWebサービスとして[4]が上げられるが、計算量に制約があるため、a. 長期変動、b. 全球マップ、の計算が困難であり、実装(ソース)も公開されていない。
そこで、数値モデル(IRI2012, NRMSISE-00, IGRF-11)を取り扱えるようにUDASを拡張し、電離層電気伝導度計算ツールを作成した。

電離層電気伝導度計算式

電気伝導度の計算式は[1]を、衝突周波数の計算式は[2]を使用した。

$$\begin{cases} \sigma_0 = \frac{e^2 N_e}{m_e \nu_e} \\ \sigma_1 = \frac{(1 + \kappa) \nu_e^2}{(1 + \kappa)^2 \nu_e^2 + \omega_e^2} \sigma_0 \\ \sigma_2 = \frac{\omega_e \nu_e}{(1 + \kappa)^2 \nu_e^2 + \omega_e^2} \sigma_0 \end{cases}, \quad \begin{cases} \omega_e = \frac{e B_0}{m_e} \\ \omega_i = \frac{e B_0}{m_i} \end{cases},$$
$$\begin{cases} \nu_e = \nu_{en} + \nu_{ei} \\ \nu_i = \nu_{in} \end{cases}, \quad \kappa = \frac{\omega_e \omega_i}{\nu_e \nu_i},$$



記号	説明	表 6.1: 定数、変数の説明
σ_0	平行伝導度	値, 単位
σ_1	ペーターセン伝導度	S/m, 付録 1 参照。
σ_2	ホール伝導度	S/m, 付録 1 参照。
e	電荷	1.602×10^{-19} C
N_e	電子密度	cm^{-3} , IRI2012 による出力値。
m_e	電子の質量	9.109×10^{-31} kg
m_i	イオン質量	(kg), IRI2012 によるイオンの組成比と N_e から算出。
ν_e	電子の衝突周波数	Hz, 式 (6.2a) により導出。
ν_i	イオンの衝突周波数	Hz, 式 (6.2b) により導出。
ν_{en}	電子-中性粒子の衝突周波数	Hz, 付録 7.1.1 参照。
ν_{ei}	電子-イオンの衝突周波数	Hz, 付録 7.1.1 参照。
ν_{in}	イオン-中性粒子の衝突周波数	Hz, 付録 7.1.1 参照。
T_n	中性粒子温度	K
T_i	イオン温度	K
T_e	電子温度	K
ω_e	電子の旋回角周波数	rad/s
ω_i	イオンの旋回角周波数	rad/s
B_0	全磁力	T, IGRF11 による出力値。

UDAS+: iUgonet Data Analysis Software+

IUGONETプロジェクトで開発されているデータ解析ソフトウェア。

IDL/TDAS/UDASとモデルを、ファイルI/Oで結合。

環境構築はantが行う。
(要Fortranコンパイラ)

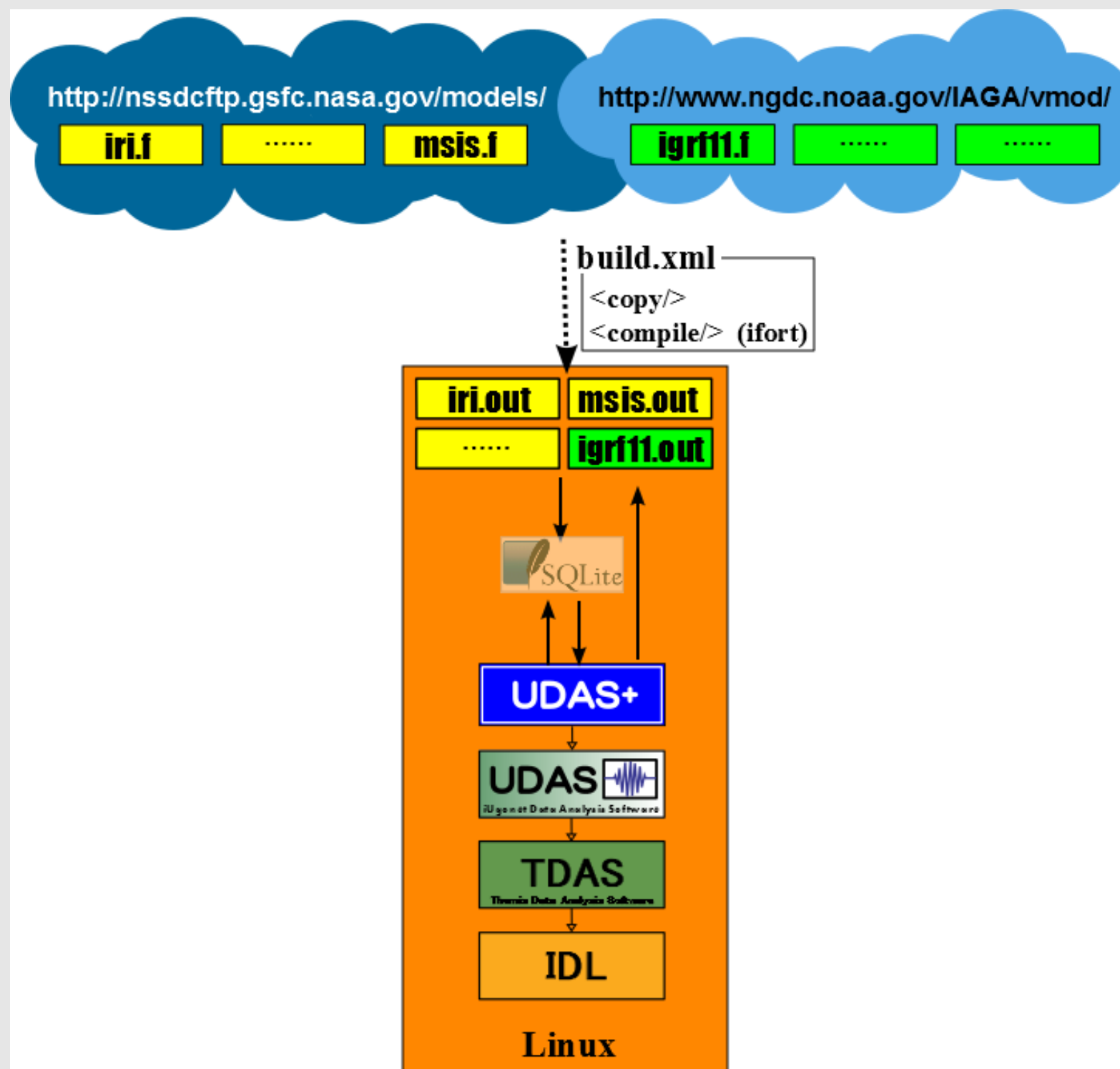


図1. UDAS+の概略図

計算結果

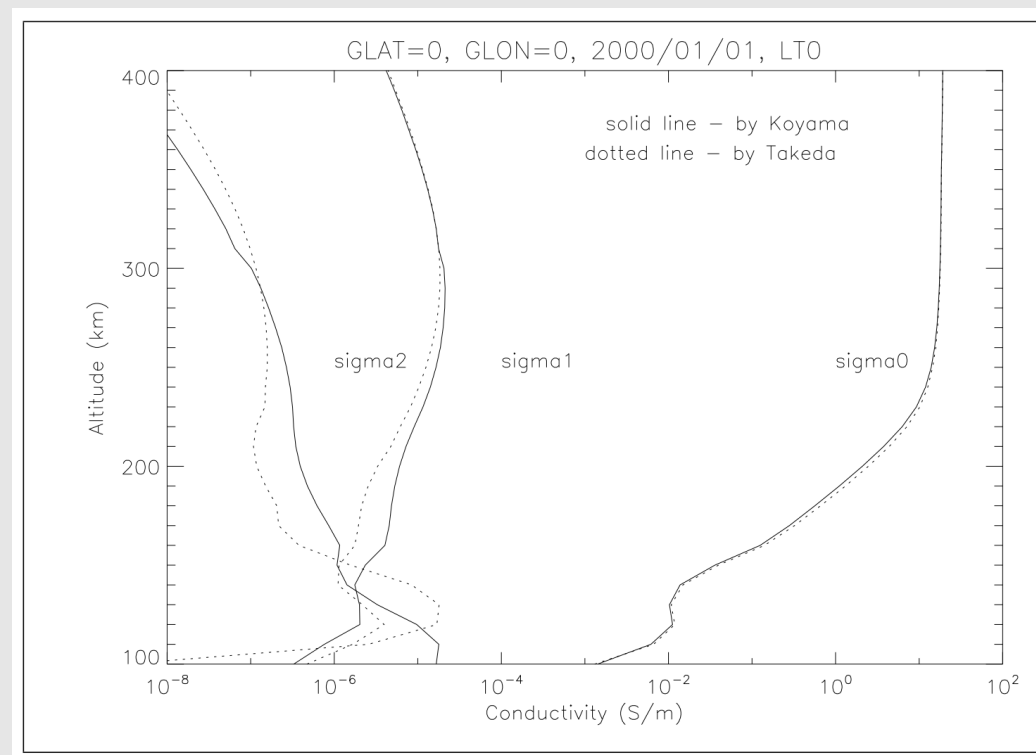


図 6.1: σ の比較 (2000-01-01, LT0)

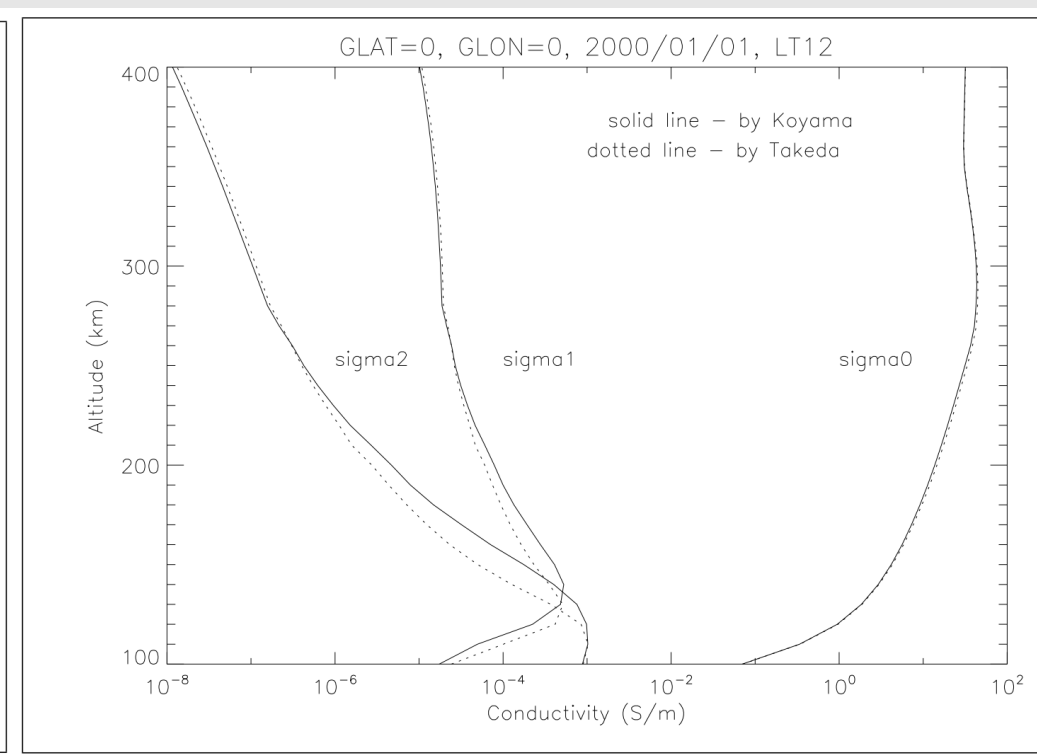


図 6.2: σ の比較 (2000-01-01, LT12)

2次元伝導度計算ルーチンも作成済みであるが、結果は省略する。

開発したプログラムの妥当性検証

- ・衝突周波数は[2]と一致、
- ・磁場モデルは地球を楕円体として取り扱っていることを 確認済み。

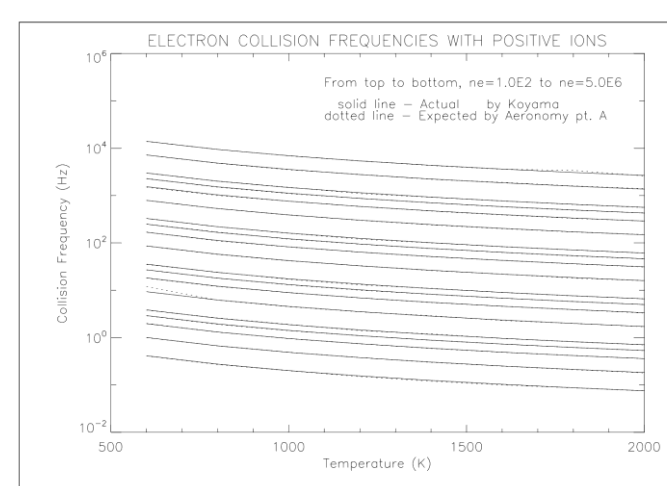


図 5.3: Electron Collision frequencies with positive ions

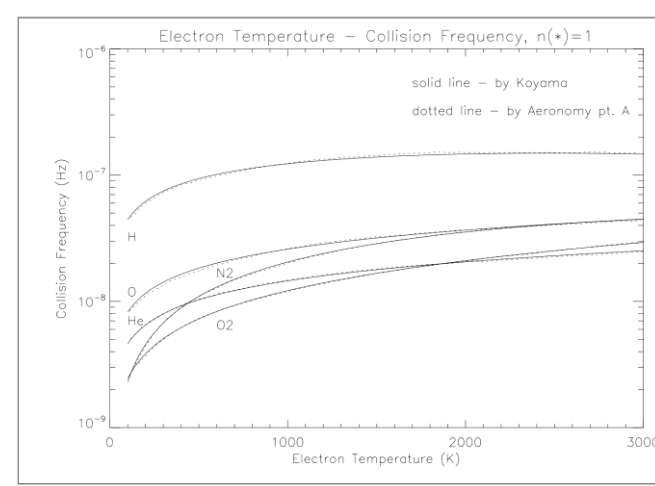


図 5.4: Fig.5.2 との比較

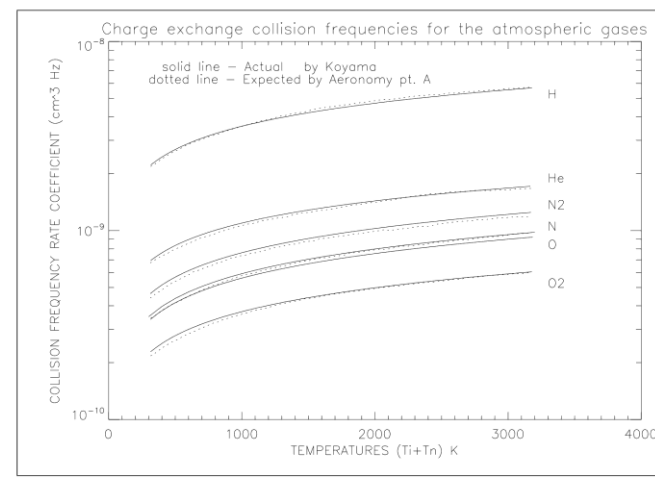


図 5.5: Charge exchange collision frequencies for the atmospheric gases

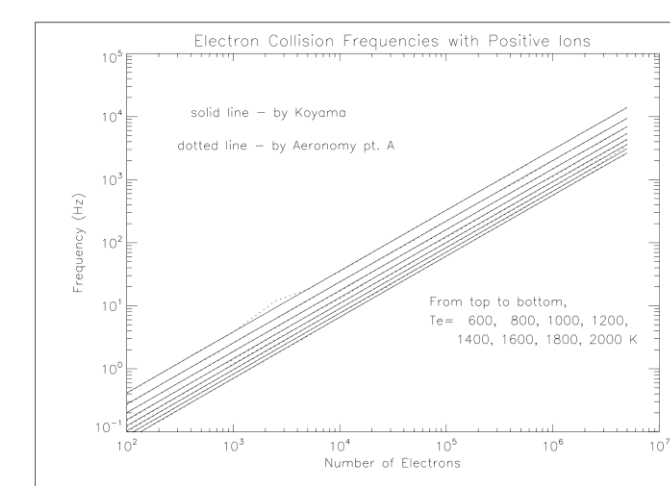


図 5.6: Fig.5.3 との比較

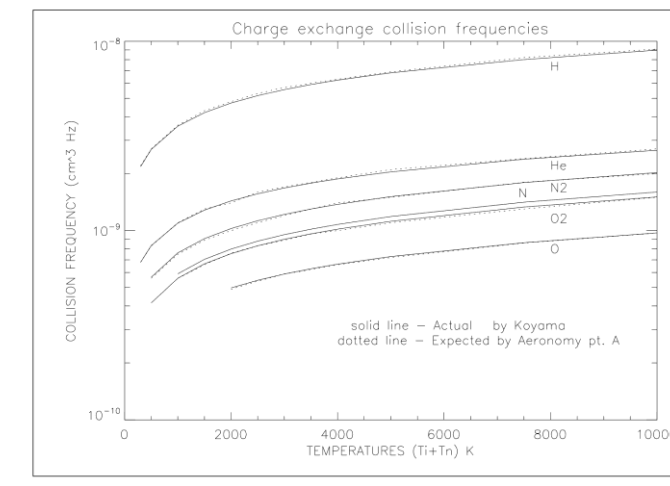
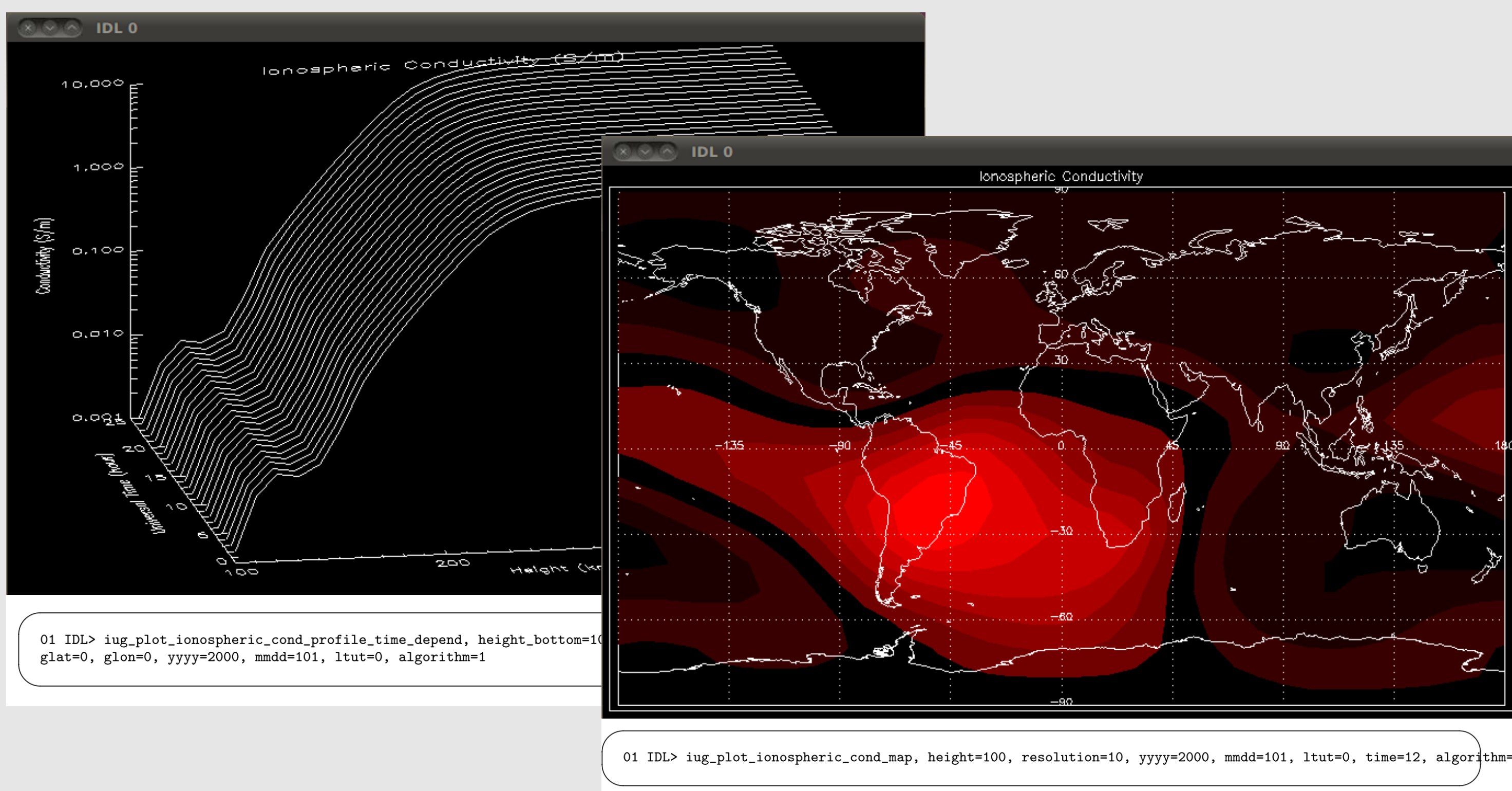


図 5.7: CHARGE EXCHANGE COLLISION FREQUENCIES, ν_e BETWEEN IONS AND NEUTRAL ATOMS OR MOLECULES

応用例



まとめ

- ・IUGONETデータ解析ソフトウェアを用いた、数値モデルの取り扱い例を示した。
- ・ドキュメント・インストーラーを整備後、UDAS+を公開予定、
- ・別計算手法である[3]の計算結果との比較も結果の妥当性検証に重要。
- ・計算結果を素早く表示する為に、計算結果のDB化が必要。
- ・ファイルI/O以外の、より少しスマートなモデル結合を検討する必要。

参考文献

- [1] Maeda, K., Conductivity and drift in the ionosphere, J. Atmos. Terr. Phys., Vol.39, 1041-1053, 1977.
- [2] Banks, P. M., G. Kocharts, Aeronomy pt. A. { Academic Press, 1973
- [3] Haris Volland, Handbook of ATMOSPHERIC ELECTRODYNAMICS, Volume II, CRC Press, 1995.
- [4] 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター・ウェブ <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3-j.html>